九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Studien Über Die Wasserverhältnisse, Insbesondere Die Hygroskopische Wasseraufnahmedes Gewebepulvers Mit Berücksichtigung Des Wasserhaushaltes Im Pflanzenkörper

Koketsu, Riichiro
Botanical Laboratory, Kyushu Imperial University

https://doi.org/10.5109/22564

出版情報：九州大学大学院農学研究院紀要. 3 (7), pp.149-178, 1932-12. Kyushu Imperial University
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

Journal of the Department of Agriculture, Kyushu Imperial University, Vol. 3, No. 7
December 24, 1932

STUDIEN ÜBER DIE WASSERVERHÄLTNISSE, INSBESONDERE DIE HYGROSKOPISCHE WASSERAUFNAHME DES GEWEBEPULVERS MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES WASSERHAUSHALTES IM PFLANZENKÖRPER

Riichiro KÔKETSU

I. EINLEITUNG

Die Wasserverhältnisse der Pflanzen beruhen einerseits auf physiologischen Funktionen des Pflanzenkörpers und andererseits auf physiko-chemischen Eigenschaften der einzelnen Körperbestandteile. Aber manche physiologische Funktionen sind ihrerseits nichts anders als Erscheinungen, die durch kooperative Wirkungen von Stoffe und Energie bedingt sind. Die auf die Wasserverhältnisse der Pflanzen bezüglichen Erscheinungen mögen daher grösstenteils in physiko-chemischen Phenomena bestehen, sodass eine physikalische ebenso wie eine chemische Studie über die Wasserverhältnisse des Pflanzenkörpers einen Beitrag zur Kenntnis des Wasserhaushaltes des Pflanzenkörpers liefern kann.

HARRIS (4) war der Meinung, dass physiko-chemische Studien über die Pflanzensaftes eine wichtige Grundlage zur Beurteilung der ökologischen Verhältnisse der Pflanzen bieten könnten und er führte deshalb mit seinen Mitarbeitern umfangreiche Untersuchungen über den osmotischen Druck, die elektlische Leitfähigkeit, die Wasserstoffionen-Konzentration und den Wassergehalt des Zellsaftes mit gutem Erfolge durch (3, 23). Diese Forscher suchten nämlich Anhaltspunkte zur ökologischen Beurteilung des Flüssigkeitssystems der pflanzlichen Bestandteile. Andererseits haben einige Forscher die chemische Konstitution eines Pressaftes aus dem Pflanzenkörper zum gleichen Zwecke studiert (25).

Seit mehreren Jahren war der Verf. bemüht die Brauchbarkeit und die Zweckmässigkeit der sog. Pulvermethode für die Beurteilung des Stoffgehaltes oder des Funktionsgrades am Pflanzenkörper nachzuweisen, wobei ein bestimmtes Volumen Gewebepulver als die Materialeinheit zum Vergleich benutzt wurde (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 2, 26). Inzwischen war er auf die physikalischen Eigenschaften des Gewebepulvers achtsam. Dass das sog. spezifische Pulvergewicht, welches das Trockengewicht pro 1 cm^3 Gewebepulver angibt, als ein Indizium zum Vergleich der physikalischen Natur des Gewebepulvers oder unter Umständen zum Vergleich der physiologischen Verhältnisse der Pflanzen benutzt werden kann, ist schon in unserer vorherigen Arbeit (14) dargelegt worden. Wir fanden nämlich, dass das spezifische Pulvergewicht der Samenkörner einen Hinweis auf den Reifezustand oder den Vollfüllungsgrad an Materialien sein kann. Yendo (29) benutzte darnach dieselbe Methode zum Vergleich der Blattqualität verschiedener Sippen von Maulbeerbäumen. Andererseits bestätigten Kôyama und Takiguti (21) das Vorhandensein einer studienswürdigen Beziehung zwischen dem genannten Pulvergewicht der Pflanzen und dem Wasserverhältnis des Kulturbodens. Es ist also anzunehmen, dass der Wert der Bestimmungen des spezifischen Pulvergewichtes des Pflanzenkörpers auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie oder -ökologie künftighin noch weiter erkannt werden wird.

Das Gewebepulver ist nichts anders als die Gesamtheit der pulversierten und getrockneten Bestandteile des Pflanzenkörpers. Die physikalische Qualität des Gewebepulvers muss also wenigstens eine Seite der physikalischen Natur des Pflanzenkörpers darstellen. Die Wasserverhältnisse des Gewebepulvers zu studieren, ist daher möglicherweise ein Weg, auf dem man zu einer Analyse der Wasserverhältnisse des Pflanzenkörpers gelangen kann. Die stoffliche Zusammensetzung des Gewebepulvers ist natürlich sehr kompliziert, und zwar besteht das Gewebepulver aus verschiedenen organischen und anorganischen Substanzen, die teils löslich und teils unlöslich sind. Aber ohne Zweifel besteht dieses Pulver grösstenteils aus den quellbaren Substanzen, weil der Zellinhalt ausser dem Wasser mitsamt dem Protoplasma und der Zellmembran meist aus den mehr oder weniger quellbaren Materialien besteht (27, 28). Das Gewebepulver verhält sich daher aller Wahrscheinlichkeit nach als ein quellbares Material in dem Wirkungsgebiet des Wassers und zwar bei der Aufnahme, Festhaltung oder Abgabe des Wassers. Solch ein Verhältnis zwischen dem Wasser und dem

Pulvermaterial sieht man gewöhnlich z. B. bei den Wasserbeziehungen des humusreichen Bodens.

Die Wasserverhältnisse des Bodenmaterials sind gewiss ein grundlegendes Studienproblem für die physiologischen und ökologischen Erscheinungen der Pflanzen. Verschiedene hydrostatische Eigenschaften des Bodens, wie die Wasserkapazität, das Wasserfesthaltungsvermögen, die Hygroskopizität usw. werden häufig diskutiert, um die Wasserbezihungen zwischen dem Boden und dem Pflanzenleben klar zu machen. Natürlich ist zu erwarten, dass zwischen diesen verschiedenen physikalischen Eigenschaften des Bodens bestimmte physiko-mathematische Beziehungen bestehen. BRIGGS und SHANTZ (1) konnten tatsächlich das Vorhandensein regelmässiger mathematischer Beziehungen zwischen dem Welkungskoeffizient des Bodens einerseits und der Wasserkapazität, der Hygroskopizität oder dem Wasserfesthaltungsvermögen gegenüber einer bestimmten Zentrifugalkraft anderseits bestätigen. Eine gefundene hydrostatische Eigenschaft eines Bodens kann folglich ein Indizium für eine andere hydrostatische Eigenschaft des Bodens sein, und die letztere kann ihrerseits wieder ein Indizium für eine noch andere sein. Eine gefundene hydrostatische Eigenschaft des Bodens ist häufig auch ein Kennzeichnen der Wasserverältnisse der darin bewurzelten Pflanzen. Daraus lässt sich logisch schliessen, dass die gleichen Verhältnisse auch in den Wasserbeziehungen des Pulvers aus den Pflanzenkörpern geltend sein müssen.

Es gibt in der Natur sehr mannigfache Arten von Böden, worin die Pflanzen sich bewurzeln können. Auch was die Wasserverhältnisse des Bodens anbelangt, sind sie sehr verschieden, nämlich je nachdem die Bodenarten verschieden sind. Es ist weiter bekannt, dass die Wasserkapazität, das Wasserfesthaltungsvermögen u. dgl. je nach der Verschiedenheit der Böden sehr variabel sind, und zwar besonders deutlich je nach der Verschiedenheit ihrer physikalischen Textur. Bezüglich solcher Wasserverhältnisse bei den Gewebepulvern ist jedoch anzunehmen, dass sie vielleicht weniger variabel sind, weil die Textur der künstlich gleichartig hergestellten Gewebepulver nur sehr geringe Abweichungen voneinander aufzuweisen haben wird. In dieser Hinsicht ist ohne weiteres zu erwarten, dass der Grad der Verschiedenheit der Wasserverhältnisse in den Gewebepulvern weniger stark sein wird.

Die Fähigkeit der von verschiedenen Pflanzenkörpern herstammenden Gewebepulver Wasser aufzunehmen oder dasselbe in sich festzuhalten, möchte aber wahrscheinlich nicht wenig durch die Verschieden-

heit in der Quellbarkeit oder anderer ähnlicher physiko-chemischer Eigenschaften des Pulvers beeinflusst sein; dies ist der Hauptgedanke, der den Verfasser zu der vorliegenden Arbeit angelegt hat. Mit anderen Worten wurde diese Arbeit mit dem Zwecke ausgeführt, die Wasserverhältnisse der Gewebepulver als physikalische oder stoffliche Eigenschaft derselben zu studieren, dabei die Textur der untersuchten Pulver möglichst gleichartig gehalten wurde. Zum Vergleich der Menge des Wassers, welches durch die benutzten Gewebepulver aufgenommen oder festgehalten wird, kann man die Gewichts- oder Volum-Einheit an Pulver benutzen. Nach dem Prinzip unserer genannten Pulvermethode erscheint es hierbei aber zweckmässiger, die Volum-Einheit des Pulvers zu benutzen, weil das spezifische Gewicht der Gewebepulver aus verschiedenen Pflanzenkörpern nicht wenig variabel zu sein pflegt.

Um die Vergleichsresultate der Arbeit zahlenmässig zum Ausdruck bringen zu können, halten wir es für zweckdienlich die Vergleichsdata nicht durch die gefundenen Zahlen selbst, sondern durch die mit einem bestimmten Kontrollmaterial vergleichenden relativen Zahlen zu bezeichnen. Als Kontrollmaterial für diesen Zweck wurde das feine Pulver einer Art des japanischen sauerreagierenden Lehmbodens benutzt, welcher sehr stark hygroskopisch ist und demnach häufig als Muttermaterial zu einem Lufttrocknungsmaterial „Adsole" benutzt wird (5, 6, 7, 8, 9, 24). Dieses Pulver absorbiert sehr leicht nicht nur den Wasserdampf der Luft, sondern auch das es berührende Wasser, und wird leicht benetzt. Wenn vertrocknet, gewinn es aber seine anfängliche hygroskopische Tätigkeit wieder, was für unsere Zwecke eine besonders wertvolle Eigenschaft ist.

Um nun die Wasserverhältnisse der Gewebepulver zu studieren, wurden gleiche Volumen Gewebepulver und Lehmbodenpulver in verschiedene gleichgrosse Gefässe nebeneinander unter den gleichen Versuchsbedingungen gelagert, um die zu untersuchenden Wasserbeziehungen an den beiden Materialien vergleichend bestimmen zu können. Die Hygroskopizität, die Wasserkapazität und das Wasserfesthaltungsvermögen kamen hierbei in Betracht. Nach einer Reihe mühevoller Versuche haben wir dann die folgende Versuchsanordnung angenommen.

Zwecks Bestimmung der Wasserkapazität und des Wasserfesthaltungsvermögens wurde ein ringförmiges Metallgefäss benutzt, dessen Lichte ca. 2.7 cm weit und ca. 1.5 cm hoch war. Dieses Metallgefäss wurde in dem Zentrum der Bodenebene eines mit Deckel versehenen Glasgefässes gelagert, dessen Durchmesser ca. 5 cm und dessen Höhe

ca. 2 cm betrug; dann wurden je 3 cm³ Gewebepulver oder Lehmbodenpulver in den Innenraum des Metallgefässes eingefüllt. Die Pulver wurden innerhalb der Metallgefässe gleichmässig eben ausgebreitet und dann destilliertes Wasser tropfenweise auf die Bodenebene des Glasgefässes ringsum ausserhalb des Metallgefässes eingebracht, um das Wasser durch das Pulver allmählich absorbiert werden zu lassen.

Solche Versorgung des Pulvers mit Wasser dauerte so lange, bis das Pulver die maximale Menge des absorbierbaren Wassers aufgenommen hatte. Jetzt wurde das auf der Bodenebene des Glassgefässes übrig gebliebene Wasser, welches unter unseren Versuchsumständen natürlich nur in einer geringen Menge vorhanden sein darf, mittels kleinen Stücken Fliesspapier weggesogen und dann das Gewicht des vom Pulver absorbierten Wassers bestimmt, indem es aus dem Gesamtgewicht des ganzen Systems von Gefässen und Inhaltsmaterialien kalkuliert wurde. Obwohl die Wasserkapazität des Bodens gewöhnlich durch die absorbierte Wassermenge gegeben in Prozenten des Trockengewichtes des Bodens bezeichnet wurde, haben wir die betreffende Menge des Gewebepulvers hauptsächlich durch die Wassermenge absorbiert pro Einheit Volumen oder 1 cm³ Pulver gegeben, weil das, wie erwähnt, für unsere Zwecke vorteithafter ist.

Die Bestimmung des Wasserfesthaltungsvermögens geschah durch Aufbewahrung des ganzen Systems von Gefässen mit den enthaltenen Materialien, bei denen die Prüfung der Wasserkapazität des Pulvers beendet war, in einem Thermostaten während 24 Stunden bei 30°C; die Menge des Wasserrückstandes gab den Anhalt zur Bestimmung des Wasserfesthaltungsvermögens. Die Menge des Wasserrückstandes wurde dabei wieder auf die Volum-Einheit des Pulvers bezogen.

Nach einer Reihe von Vorprüfungen, schienen die erwähnten Prozeduren mit recht gutem Erfolge zu unserem Zwecke anwendbar zu sein. Nicht nur die verschiedenen Gewebepulver, sondern auch das Lehmbodenpulver pflegten nämlich Werte für die Wasserkapazität oder das Wasserfesthaltungsvermögen zu geben, die kaum über die Grenzen der ignonierbaren Bestimmungsfehler hinausgingen. Verf. ist aber der Meinung, dass man durch eine weitere Verbesserung der Versuchsprozedur aller Wahrscheinlichkeit nach noch genauere Bestimmungen erwarten kann. Daher hat er unterlassen, die Untersuchungsdata über die genannten Erscheinungen in dieser Mitteilung anzugeben und sich vorerst darauf beschränkt, die Versuchsresultate über die Hygroskopizität des Pulvers allein hier genau zu veröffentlichen, welche sich

unzweifelhaft genau hatten bestimmen lassen. Dass der Luftdampf von dem Pflanzenkörper aufgenommen und physiologisch benutzt werden kann, ist von alters her bekannt (22). In dieser Hinsicht möge es für uns bedeutungsvoll sein, die Hygroskopizität des Gewebepulvers zu studieren.

Bei der Ausführung diesbezüglicher Untersuchungen traten natürlich solche Fragen hervor, wie die Temperaturverhältnisse hierbei zu bestellen sind, wie lang die zu untersuchenden Materialien unter einer gegebenen Versuchsbedingung belassen werden müssen, usw. Daher wurde vorläufig eine Reihe von Vorversuchen ausgeführt, um solche Fragen klar zu stellen und danach erst die Hauptversuche durchgeführt.

II. VORVERSUCHE ÜBER DIE HYGROSKOPISCHEN VERHÄLTNISSE DES LEHMBODEN- UND GEWEBEPULVERS

1. Prüfung mit dem Lehmbodenpulver

Versuch 1: Zuerst wurden die hygroskopischen Verhältnisse des Bodenpulvers geprüft, welches als Kontrollmaterial zu allen Versuchen benutzt wurde. Bei der ersten Versuchsreihe wurde die Art und Weise der hygroskopischen Wasseraufnahme versuchsweise nur bei beliebiger Zimmertemperatur 10-20.5°C festgestellt. indem 3 kleine gleichgrosse Glasgefässe enthaltend je 5 cm^3 Pulver nebeneinander in einer dampfgesättigten Atmosphäre innerhalb einer grossen Feuchtkammer vom Zinkblech gelagert wurden, wobei das Pulver in jedem Glasgefäss durch eine gleichgrosse Pulverfläche den Wasserdampf aus der Luft absorbieren sollte.

Die sog. Hygroskopizität eines Materials nennt man dasjenige Mengenverhältnis an Wasser, Welches das Material aus einer Atmosphäre hygroskopisch aufgenommen hat, bis ein hygroskopischer Gleichgewichtszustand zwischen der Atmosphäre und dem wasserabsorbierenden Material entsteht. Es wäre also für uns notwendig, die Hygroskopizität in diesem Sinne bei unserem Material zu bestimmen; leider ist das aber praktisch wegen der hierzu erforderlichen Zeit nicht durchführbar und weiter würde es wohl schwer sein, den erforderlichen Zeitabschnitt bei so verschiedenen Materal genau festzulegen. Wir haben deshalb bei diesen Untersuchungen nur die während einer bestimmten Zeitfrist aufgenommene Wassermenge an Stelle der Hygroskopizität in dem strengen Sinne in Betracht gezogen. Versuchsweise wurde also hierbei die Menge des während einer 24-stündigen Lagerung

aufgenommenen Wassers bestimmt. Dabei wurden 6 ähnliche Versuchsreihen nacheinander wiederholt und gefunden, dass je ein Bodenmaterial unter den 3 zu vergleichenden Materialien in einer Versuchsreihe fast die gleiche Menge aufgenommen hatte, und zwar lag der Abweichungsgrad je einer Versuchsreihe kalkuliert durch die Formel $\frac{\Sigma D}{n}$ bei 0.7-2.7%, mit dem Durchschnittswert 1.7 %.

Die Fähigkeit zur hygroskopischen Wasseraufnahme in einem gegebenen Falle ist also sehr wenig variabel, vorausgesetzt dass die physikalischen Bedingungen der Atmosphäre konstant bleiben. Aber die Versuchsresultate wurden durch Schwankung der Temperatur deutlich beeinflusst, und zwar war die aufgenommene Wassermenge, wie zu erwarten ist, je höher die Temperatur um so grösser. Es ist also zu einem Vergleich der hygroskopischen Wasseraufnahme der Pulvermaterialien unbedingt notwendig die Versuche bei einer bestimmten Temperatur auszuführen.

Versuch 2: In dieser zweite Reihe von der ersten ganz gleichsinnigen Versuche wurden diese wiederholt, um die Richtigkeit der Gesagten sicher zu stellen. Die Arbeitsmethode war jedoch diesmal bedeutend verbessert, indem ein zweckmässig gebautes Metallgefäss als Pulverbehälter benutzt wurde. Ein grosses mit dampfgesättigter Luft versehenes Desikkator-Glasgefäss diente als Feuchtkammer und ein kleines Metallgefäss als Pulverbehälter. Dieses Metallgefäss ist ein mit einem leicht zu entfernenden jedoch fest schliessenden Deckel versehenes kurzzylinderisches Gefäss, dessen Innenraum ca. 2.7 cm Durchmesser und ca. 1.5 cm Höhe besitzt (Fig. 1). Jedes der Gefässe enthielt 3 cm^3 Bodenpulver und 3 von ihnen wurden 24 Stunden lang nebeneinander in der erwähnten Feuchtkammer stehen gelassen, während die Kammer auf einem Laboratoriumtisch bei Zimmertemperatur stand.

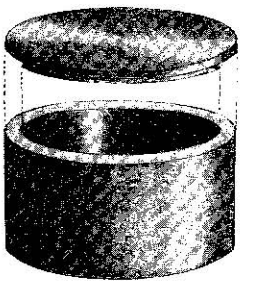

Fig. 1. Ein Metallgefäss benutzt als Pulverbehälter.

Die gleichen Versuche wurden hierbei 3 Mal wiederholt, und zwar bei Zimmertemperaturen zwischen 17.5-23.5°C. Die Versuchsresultate stimmten ganz mit denen der ersten Reihe überein. Aber der Abweichungsgrad der Resultate bei den 3 Versuchsmaterialien je eines Versuches war in diesem Falle weit kleiner, d. h. er betrug zwischen 0.37-0.63 %, mit dem Durchschnittswert 0.51 %, falls die Menge des absorbierten Wassers auf den Wert pro Volum-Einheit des Pulvers berechnet wurde. Wenn der Wert pro Gewicht-Einheit des Pulvers berechnet wurde, so war der betreffende Abweichungsgrad etwas höher, d. h. er lag dann zwischen 0.50-1.37 %, mit dem Durchschnittswert 1.05 %. Obwohl die aufgenommene Wassermenge durch die Temperatur deutlich beeinflusst wird, so ist doch zu sagen, dass das benutzte Lehmbodenpulver unter bestimmten Versuchsbedingungen während einer bestimmten Zeitfrist die gleiche Menge Wasser hygroskopisch aufnimmt (Tab. 1).

Tab. 1. Die Menge des hygroskopisch aus der dampfgesättigten Atmosphäre während 24 Stunden bei beliebiger Zimmertemperatur durch das Lehmbodenpulver aufgenommenen Wassers.

	Versuchsreihe	Zimmertemperatur	Durchschnittswert		Material 1.	Material 2.	Material 3.	Abweichungsgrad in %
			Gefunden	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	$\frac{\Sigma D}{n}$
Gegeben mit dem Wert pro Volum-Einheit (1 cm³) des Pulvers	1	17.5-20.5°C	140 mg	100	100.2	99.0	100.7	0.63
	2	20.5-24.0°C	151 mg	100	100.5	100.0	99.4	0.37
	3	21.5-23.5°C	150 mg	100	100.7	99.2	100.1	0.53
						(Durchschnittswert:		0.51)
Gegeben mit dem Wert in % auf das Trockengewicht des Pulvers	1	17.5-20.5°C	18.1 %	100	100.7	99.6	99.6	0.50
	2	20.5-24.0°C	19.3 %	100	102.1	99.0	99.0	1.37
	3	21.5-23.5°C	19.5 %	100	101.9	99.3	98.8	1.27
						(Durchschnittswert:		1.05)

Versuch 3: Die dritte Versuchsreihe wurde unter Bedingungen von konstanter Temperatur ausgeführt, um den Temperatureinfluss auf die hygroskopischen Verhältnisse des Lehmbodenpulvers zu beseitigen. Bei diesem Falle wurde die Feuchtkammer, die das zu untersuchende Material enthielt, in einem Thermostaten bei der Temperatur von

30°C aufgestellt. Die übrigen Versuchsbedingungen waren ganz dieselben wie bei den vorhergehenden Versuchen.

Die Lehmbodenpulver in den 3 gleichzeitig nebeneinander in einer Feuchtkammer gelagerten Metallgefässen eines Versuchs absorbierten eine fast gleiche Menge an Wasser während einer bestimmten Zeitfrist, wie bei den oben erwähnten Versuchen. Ueberdies wurde hierbei wie erwartet konstatiert, dass die absorbierte Wassermenge, gefunden durch die 3 Mal nacheinander wiederholten Versuche, auch eine geringe Schwankung zeigten (Tab. 2).

Tab. 2. Die Menge des hygroskopisch aus der dampfgesättigten Atmosphäre während 24 Stunden bei einer konstanten Temperatur von 30°C durch das Lehmbodenpulver aufgenommenen Wassers

	Versuchsreihe	Durchschnitts-Wert		Material 1.	Material 2.	Material 3.	Abweichungsgrad in %
		Gefunden	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	$\frac{\Sigma D}{n}$
Gegeben mit dem Wert pro Volum-Einheit (1 cm³) des Pulvers	1	182 mg	100	99.7	100.8	99.5	0.53
	2	180 mg	100	102.0	99.0	99.0	1.33
	3	178 mg	100	100.5	99.6	99.9	0.33
					(Durchschnittswert:		0.73)
Gegeben mit dem Wert in % auf das Trockengewicht des Pulvers	1	23.6 %	100	101.1	99.4	99.4	0.77
	2	23.3 %	100	100.6	99.7	99.7	0.40
	3	23.2 %	100	101.1	99.3	99.7	0.67
					(Durchschnittswert:		0.61)

Aus den bisher erhaltenen Versuchsergebnissen ist zu schliessen, dass der untersuchte Lehmboden bei konstant gehaltenen Versuchsbedingungen, d. h. unter besonderer Berücksichtigung der Temperatur und der Zeit in 24 Stunden bei 30°C aus einer dampfgesättigten Atmosphäre immer dieselbe Wassermenge absorbiert und das bedeutet für uns hier, dass der benutzte Lehmboden als Kontrollmaterial für Studien über die hygroskopische Wasseraufnahme anderer Pulvermaterialien zweckmässig zu benutzen ist.

2. Prüfung der hygroskopischen Verhältnisse des Gewebepulvers

Versuch 4: In dieser Versuchsreihe wurde die hygroskopisch

durch das Gewebepulver aufgenommene Wassermenge mittels einer dem dritten Versuche mit dem Lehmboden ganz ähnlichen Methode bestimmt, und zwar in der Feuchtkammer bei einer konstanten Temperatur von 30°C. Die 3 Metallgefässe enthielten je 3 cm³ Gewebepulver aus ein und demselben Pflanzenmaterial und bei diesen wurde der Grad der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit verglichen. Die Versuchsmaterialien waren Gewebepulver aus den Blättern von *Avena sativa*, *Rumex crispus* var. *japonicus* und *Oenothera biennis*.

Nach Versuchsresultaten scheint das Pulver aus ein und demselben Pflanzenmaterial unter den benutzten Versuchsbedingungen während 24 Stunden immer fast die gleiche Menge des Wassers zu absorbieren, obwohl die betreffenden Wassermengen von 3 verschiedenen untersuchten Pflanzenmaterialien, wie erwartet, voneinander verschieden sind. Der Abweichungsgrad der gefundenen Werte von 3 nebeneinander versuchten Pulvern aus ein und demselben Pflanzenmaterial betrug nämlich bei *Avena* 3.67 %, bei *Rumex* 1.40 %, und bei *Oenothera* 0.60 % und zwar im Durchschnitt 1.89 %, falls die Rechnungen auf die Werte pro Volum-Einheit Gewebepulver berechnet wurden. Falls man aber die Resultate auf den prozentuale Wert des Pulvergewichtes berechnet, so tritt die betreffende Abweichung etwas stärker hervor, und zwar bei *Avena* 2.67 %, bei *Rumex* 4.40 %, bei *Oenothera* 1.33 % und bei dem Durchschnittswert 2.80 % (Tab. 3).

Tab. 3. Die Menge des hygroskogisch aus der dampfgesättigten Atmosphäre während 24 Stunden bei einer konstanten Temperatur von 30°C durch das Gewebepulver aufgenommenen Wassers

	Versuchsmaterial	Durchschnitts-Wert		Material 1.	Material 2.	Material 3.	Abweichungsgrad in %
		Gefunden	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	$\frac{\Sigma D}{n}$
Gegeben mit dem Wert pro Volum-Einheit (1 cm³) des Pulvers	*Avena*	142 mg	100	105.5	96.3	98.2	3.67
	Rumex	178 mg	100	100.8	97.9	101.3	1.40
	Oenothera	156 mg	100	100.9	99.1	100.0	0.60
					(Durchschnittswert:		1.89)
Gegeben mit dem Wert in % auf das Trockengewicht des Pulvers	*Avena*	32.3 %	100	96.0	100.9	103.1	2.67
	Rumex	25.2 %	100	106.6	97.1	96.3	4.40
	Oenothera	26.1 %	100	101.0	101.0	98.0	1.33
					(Durchschnittswert:		2.80)

Auch aus diesem Versuch erhellt, dass die Versuchsresultate verschieden in Erscheinung treten, je nachdem man die Versuchsergebnisse mit dem Wert pro Volum-Einheit Gewebepulver oder mit dem in Prozenten des Pulvergewichtes gegeben hat. Ein Vergleich der von verschiedenen Versuchsmaterialien aufgenommenen Wassermenge ergibt, dass die Mengenverhältnisse ganz verschiedene sind. Nach der Berechnung auf das Trockengewicht traten nämlich der grösste Wert bei *Avena* (32.3 %) und der kleinste bei *Rumex* (25.2 %) auf, während nach der Berechnung auf das Pulvervolumen der grösste bei *Rumex* (178 mg) und der kleinste bei *Avena* (142 mg) gefunden wurden, das sind also einander gänzlich widersprechende Werte.

Hier taucht nun die Frage auf, nach welcher Berechnung die Versuchsergebnisse zu beurteilen sind, wenn wir die Wasserverhältnisse der verschiedenen Pulvermaterialien miteinander vergleichen wollen. Die Gewebepulver von verschiedenen Pflanzenmaterialien könnten ja bezüglich des spezifischen Gewichtes des Pulvers voneinander verschieden sein. Das sog. spezifische Pulvergewicht der hier benutzten Pflanzenmaterialien war in der Tat 440 mg bei *Avena*, 706 mg bei *Rumex* und 579 mg bei *Oenothera*, und zwar am kleinsten bei *Avena* und am grössten bei *Rumex*. Es ist theoretisch ohne weiteres klar, dass wenn wir den Wassergehalt in solchen gravimetrisch ungleichmässigen Pulvermaterialien vergleichen, die mit dem Wert in Prozenten des Trockengewichtes angegebenen Resultate mit dem unvermeidlichen Fehlern versehen sind, wie das schon vielfach durch die Theorie der sog. Pulvermethode dargelegt worden ist.

3. Anwendung des Lehmbodenpulvers als Kontrollmaterial zum Vergleich der Wasserverhältnisse an den verschiedenen Arten von Gewebepulver

Nach den Ergebnissen erwähnter Versuche pflegt ein und dasselbe Pulvermaterial die gleiche Menge Wasser aus der dampfgesättigten Atmosphäre während 24 Stunden bei einer bestimmten Temperatur (30°C) aufzusaugen. Praktisch gesagt, zeigt also jede Art Gewebepulver unter solchen bestimmten Bedingungen seine spezifische Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme zu haben. Wenn man also die Menge Wasser, welches durch verschiedene Pulvermaterialien unter ein und denselben Versuchsbedingungen aufgesogen wird, bestimmt, so kann man ohne weiteres die genannte Fähigkeit der unter-

suchten Materialien vergleichen. Wie aber bereits erwähnt wurde, bedürfen wir zu solchen Vergleichen der relativen Werte eines bestimmten Kontrollmaterials; wir haben infolgedessen um das Lehmbodenpulver als Kontrollmaterial für einen solchen Zweck zu prüfen, den folgenden Versuch ausgeführt.

Versuch 5: Wir haben die oben erwähnte Versuchsreihe mit den Gewebepulvern von *Avena*, *Rumex* und *Oenothera* ausgeführt und gleichzeitig auch das Lehmbodenpulver als Kontrollmaterial dazu genommen. Die vom 3 cm³ Lehmbodenpulver absorbierte Wassermenge betrug dabei 535 mg bei dem vergleichenden Versuche mit dem Gewebepulver von *Avena*, 534 mg bei dem gleichsinnigen Versuche mit *Rumex*, und 544 mg bei dem mit *Oenothera*. Theoretisch mussten die gefundenen Werte bei diesen dreimaligen Versuchen miteinander übereinstimmen, weil die Versuche immer unter den gleichen Versuchsbedingungen ausgeführt worden waren. Ob die gefundene kleine Abweichung zwischen den Resultaten dieser 3 nacheinander ausgeführten Versuche von Messungsfehlern allein oder auch von der unvermeidlichen Ungleichmässigkeit in der Versuchsprozedur und den Bedingungen verursacht ist, ist vorläufig noch nicht klar.

Eine kleine Veränderung der Versuchsbedingungen während des Arbeitsverlaufes kann ja häufig zufällig sich der Aufmerksamkeit entziehen. Wenn solch eine Veränderung der Versuchsbedingungen auf dem Gebiete unserer vergleichenden Untersuchungen die zu untersuchende hygroskopische Wasseraufnahme der Versuchsmaterialien etwas hemmt oder beschleunigt, so muss man eine davon verursachte Ungenauigkeit der Versuchsergebnisse erwarten, wenn man einen Vergleich mit den absoluten Werten der absorbierten Wassermenge erzielen will. Es ist also empfehlenswert die hygroskopische Fähigkeit der verschiedenen nicht gleichzeitig sondern nacheinander studierten Versuchsmaterialien durch die absolute Menge des aufgesogenen Wassers nicht zu vergleichen, wenn auch die Versuchsbedingungen möglichst gleichartige waren, da die Bestimmung der absolute Menge des absorbierten Wassers, falls die nacheinander ausgeführten Versuche under ungleichen Bedingungen gemacht wurden, für unseren Zweck ganz bedeutungslos sein muss.

Falls man aber den Vergleich mit den relativen Werten gegen die Werte des bestimmten Kontrollmaterials beurteilt, so mag die genannte schwache Seite der Versuchsresultate vermieden oder wenigstens zum

grossen Teil behoben werden, vorausgesetzt dass die absorbierte Wassermenge sowohl von den Versuchsmaterialien, als auch von dem Kontrollmaterial durch die Veränderung der Bedingungen ganz oder beinahe parallel erniedrigt oder erhöht wird; was vielleicht unter unseren Umständen der Fall sein mag. In dieser Hinsicht ist es zweckmässig das Lehmbodenpulver als Kontrollmaterial anzuwenden. Obwohl die Benutzung des Kontrollmaterials bei unseren Versuchen auf solche Fälle beschränkt war, wo der Vergleich unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen gemacht wurden, so möchte die gleiche Benutzung aller Wahrscheinlichkeit nach auch da wenigstens praktisch gültig sein, wo die vergleichenden Untersuchungen unter ziemlich stark verschiedenen Versuchsbedingungen ausgeführt werden sollten.

Bei der genannten Versuchsreihe waren die gefundenen absoluten Mengen des durch je 3 cm³ Gewebepulver von *Avena*, *Rumex* und *Oenothera* absorbierten Wassers 426 mg, 533 mg bezw. 469 mg, und zwar war die Absorptionsfähigkeit der untersuchten Gewebepulver unter unseren Versuchsbedingungen immer kleiner, als die des Lehmbodenpulvers. Setzt man den betreffenden Wert des Kontrollmaterials gleich 100, so betragen die relativen Werte für je eines von den 3 untersuchten Materialien 79.6, 99.8 bezw. 86.2. Man kann diesen relativen Wert jedes Versuchsmaterials in unserem Sinne ein Indizium für seine relative Hygroskopizität heissen. Diese relative Hygroskopizität bedeutet natürlich eine relative Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme eines Pulvermaterials, verglichen mit derselben des Lehmbodenpulvers (Tab. 4).

Tab. 4. Vergleich der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit der Gewebepulver mit derjenigen des Lehmbodenpulvers (Die Menge des während 24 Stunden durch 3 cm³ Pulver aufgenommenen Wassers in mg)

Versuch an:	*Avena sativa*		*Rumex crispus*		*Oenothera biennis*	
	Gefunden	Ratio	Gefunden	Ratio	Gefunden	Ratio
Gewebepulver	426	79.6	533	99.8	469	86.2
Lehmbodenpulver	535	100	534	100	544	100

Man kann also die Wasserverhältnisse verschiedener Gewebepulver mit dem Grad dieser relativen Hygroskopizität bequem vergleichen.

Aber hier tritt nun die Frage auf, wie weit wir mit der Anwendung dieser Werte gehen können, oder auf welche Grenzen der Untersuchungsbedingungen das Anwendungsgebiet beschränkt ist. Wenn die hygroskopische Wasseraufnahme des Gewebepulvers und des Lehmbodenpulvers von allen beliebigen Bedingungen gleichartig beeinflusst werden, so müsste der Wert für die relative Hygroskopizität in unserem Sinne unter allen beliebigen Bedingungen gültig sein. Diese Frage ist vorläufig noch nicht klar, aber in unserem Falle kommt es ja allein darauf an, die Art und Weise der Beeinflussung der Temperatur und der Zeitdauer auf die hygroskopische Wasseraufnahme beider Pulverarten klar zu machen, weil andere diesbezügliche Faktoren unter unseren Versuchsbedingungen ausser Acht gelassen werden können.

Der verändernde Einfluss der Temperatur auf die Wasseraufnahme des Pulvers kann aber dadurch beseitigt werden, dass man die vergleichenden Versuche immer unter einer exakt-konstanten Temperatur ausführt. Andererseits kann man auch den Einfluss der Versuchsdauer vielleicht durch die Entscheidung einer bestimmten Zeitdauer ausschalten. Falls man daher die Versuche immer wie bei den vorhergehenden unter einer bestimmten Temperatur von 30°C und ein und derselben Zeitdauer von 24 Stunden ausführt, so kann vielleicht die genannte Frage ganz ausser Acht gelassen werden. Es erübrigt sich aber freilich dann weiterhin experimentell zu entscheiden, ob diese Zeitfrist von 24 Stunden, während welcher unsere Versuchsmaterialien in dem dampfgesättigten Raum von 30°C gehalten werden, unseren Zwecken dient oder nicht. Ein diesbezüglicher Versuch wurde wie folgt ausgeführt.

4. Vergleich des Verlaufes der hygroskopischen Wasseraufnahme von dem Gewebepulver und Lehmbodenpulver

Versuch 6: Das Gewebepulver der Blätter von *Helianthus annuus* und das Lehmbodenpulver sollten vergleichen werden. Je 3 cm³ beider Pulverarten enthalten in den Metallbehältern wurden in der dampfgesättigten Atmosphäre unter der konstanten Temperatur von 30°C gelagert und zwar genau so wie bei den vorhergehenden Versuchen. Nach 24 Stunden wurde zum ersten Mal die Menge des von Pulver aufgenommenen Wassers durch Wägung bestimmt. Danach wurde je eine gleichartige Wägung in jeder 24-sten Stunde und zwar je einmal täglich gemacht. Zwei ähnliche Versuchsreihen wurden nacheinander ausgeführt, und zwar die erste 7 Tage lang und die zweite 10 Tage

lang dauernd, bei welchen beide einen übereinstimmenden Verlauf der hygroskopischen Wasseraufname aufwiesen.

Nach den Ergebnissen dieser Versuche zu urteilen, saugt jede Art des Pulvers hygroskopisch das Wasser zuerst schnell und nach und nach allmählich langsamer auf. Aber die Art und Weise dieses Verlaufes ist bei beiden Pulverarten nicht wenig verschieden. Es wurde ganz übereinstimmend an beiden Versuchsreihen beobachtet, dass das Gewebepulver von *Helianthus* den Wasserdampf zuerst schwächer, aber später und zwar von 2. oder 3. Tage an stärker absorbierte, als das Lehmbodenpulver, und dass die Gesamtmenge des absorbierten Wassers an dem Gewebepulver schon nach 5 oder 6 Tagen grösser war als die des Lehmbodenpulvers. Mit anderen Worten geht die hygroskopische Wasseraufnahme des untersuchten Gewebepulvers zuerst schwächer vor sich und wird dann erst spät verzögert, während sie bei dem Lehmbodenpulver zuerst stärker vor sich geht und dann relativ rascher verzögert wird (Tab. 5 und fig. 2).

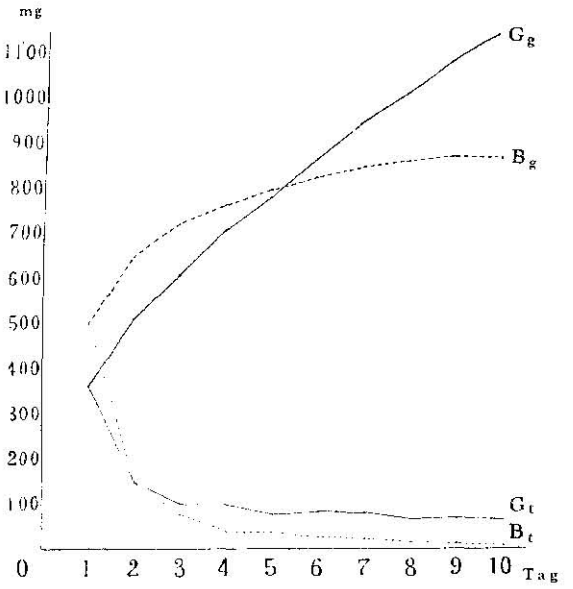

Fig. 2. Kurven anzeigend den Verlauf der Veränderung der täglichen Wasseraufnahmefähigkeit und der Vermehrung der Gesamtmenge des absorbierten Wassers an Gewebepulver (G_t und G_g) und Lehmbodenpulver (B_t und B_g).

Tab. 5. Verlauf der hygroskopischen Wasseraufnahme des Gewebe- und Lehmbodenpulvers (G = Gewebepulver von *Helianthus*, B = Lehmbodenpulver)

	Die Menge des durch 3 cm³ Pulver bei 30°C aufgenommenen Wassers							
	Täglich aufgenommene Wassermenge in mg		Gesamtmenge des aufgenommenen Wassers in mg		Täglich aufgenommene Wassermenge gegeben in relativen Zahlen, falls (I) die letzte Gesamtmenge und (II) die am ersten Tage aufgenommene Menge als Standardwert 100 genommen wurden			
					I		II	
	G	B	G	B	G	B	G	B
nach 1 Tage	360	498	360	498	32.0	57.8	100	100
„ 2 „	147	147	507	645	13.1	17.1	40.8	29.5
„ 3 „	97	73	604	718	8.6	8.5	26.9	14.7
„ 4 „	96	38	700	756	8.5	4.4	26.7	7.6
„ 5 „*	74	34	774	790	6.6	3.9	20.6	6.8
„ 6 „	80	24	854	814	7.1	2.8	22.2	4.8
„ 7 „	78	20	932	834	6.9	2.3	21.7	4.0
„ 8 „	64	12	996	846	5.7	1.4	17.8	2.4
„ 9 „	66	10	1062	856	5.9	1.2	18.3	2.0
„ 10 „	63	6	1125	862	5.6	0.7	17.5	1.2

* Auf diesem Tage fiel die Temperatur im Thermostaten durch unerwartete Absperrung des elektrischen Heizstroms eine Weile im gewissen Mass.

Wenn man aber den Verlauf der Wasseraufnahme jedes Pulvermaterials weiter verfolgt, so muss ein Punkt erreicht werden, wo das Pulvermaterial und die umgebende Atmosphäre miteinander in einem Gleichgewichtszustand der Wasserbeziehungen stehen und das Pulver dort die maximale Menge des hygroskopisch absorbierten Wassers in sich enthält. Der Wert dieser maximalen Wassermenge unter einer bestimmten Bedingung ist für ein gegebenen Pulvermaterial theoretisch konstant. Wenn daher die Hygroskopizität des zu untersuchenden Meterials in diesen maximalen Werten miteinander vergleicht, so könnte, wie schon erwähnt, ein höchst wertvoller und aufschlussreicher Vergleich ermöglicht werden. In diesem Falle jedoch ist, wie der erwähnte Versuch erweist, solche Versuchsmethode schwer durchführbar, weil

eine zu lange Versuchszeit nötig ist, um den genannten Gleichgewichtszustand eintreten zu lassen.

Um die Versuchsmethode bequem zu machen, mussten wir andererseits die Zeitdauer der Lagerung des Materials in der feuchten Kammer möglichtst kurz aber rationell entscheiden. Nach unseren erwähnten Versuchen verlaufen die Kurven, die den Verlauf der Vermehrung der Gesamtmenge des absorbierten Wassers an beiden Pulvermaterialien anzeigen, zuerst mehr parallel, allmählich aber nähern sie einander, um sich schliesslich zu kreuzen. Ein solcher Kreuzpunkt wurde am 5. Tage in dem einen Versuche und am 6. Tage in dem anderen Versuche beobachtet (Tab. 5 und Fig. 2). Wenn man die Fähigkeit der Wasserabsorption beider untersuchten Pulvermaterialien der Bequemlichkeit halber durch die in einer bestimmten Zeitfrist absorbierte Wassermenge vergleichen will, so muss man daher die Zeitfrist nicht zu lang bemessen, nämlich vorzugsweise auf einen Tag oder kürzer. Es muss hier aber darauf Rücksicht genommen werden, dass eine zu kurz bemessene Zeitdauer den unvermeidlichen Versuchsfehler in gröberem Grade hervortreten lassen wird. Nach diesen Gesichtspunkten handelnd, wurde die betreffende Zeitdauer bei unseren Versuchen auf 24 Stunden festgesetzt.

III. HAUPTVERSUCHE ÜBER DIE FÄHIGKEIT VON VERSCHIEDENEN PFLANZENMATERIALIEN ZUR HYGROSKOPISCHEN WASSERAUFNAHME

1. Vergleich zwischen verschiedenen an ein und demselben Standort aufgewachsenen Pflanzen

Versuch 7: Als Versuchsmaterialien benutzten wir die Blätter von 10 verschiedenen krautigen Pflanzen, die an einem schattigen Ort innerhalb eines ziemlich bewalten Forstes gewachsen waren. Die untersuchten Blattmaterialien wurden sämtlich nachmittags an Sommertagen gepflückt, und zwar von den Mutterpflanzen an ihrem Standort. Von je ein und derselben Versuchspflanze wurden je 3 Gruppen Materialien aufgesammelt, und wie sonst nebeneinander pulversiert. Davon kamen je 3 cm^3 des absolut ausgetrockneten Pulvers in die oben erwähnten Metallgrfässe, damit in die Feuchtkammer von 30°C und blieben darin 24 Stunden lang stehen.

Zuerst suchten wir hierbei den Grad der Abweichung der Versuchsresultate, welche an den von ein und derselbe Pflanzenart hergestammten

Pulvermaterialien enthalten in den 3 einzelnen Metallgefässen gefunden wurden, sicher zu stellen. Zu diesem Zwecke berechneten wir die prozentuelle Abweichung nach der Formel $\frac{\Sigma D}{n}$ sowohl bei den mit den Werten pro Volum-Einheit des Pulvers, als auch bei den in Prozenten des Trockengewichtes des Pulvers berechneten Resultaten. Dabei wurde weiter versuchsweise die Abweichung der Bestimmungsresultate des sog. spezifischen Pulvergewichtes berechnet, um den Grad dieser Abweichung mit demselben der oben erwähnten zu vergleichen. Nach den Rechnungsresultaten waren die prozentuellen Abweichungen an den 10 untersuchten Materialien 0.77-3.57 % mit dem Durchschnittswert 1.82 %, falls die Rechnung auf die Werte pro Volum-Einheit (W/V-Rechnung) beruhte, und 0.67-3.67 % mit dem Durchschnittswert 1.94 %, falls die Rechnung auf Prozent des Pulvergewichtes (W/T-Rechnung) gestellt war, während dieselben an dem spezifischen Pulvergewicht 0.47-3.83 % mit dem Durchschnittswert 2.06 % betrugen (Tab. 6).

Tab. 6. Prozentuelle Abweichungen in den Bestimmungen der hygroskopisch aufgenommenen Wassermenge an dem Gewebepulver von verschiedenen Pflanzen.

Name der Pflanzen	Abweichung $\left(\frac{\Sigma D}{n}\right)$ von		Abweichung $\left(\frac{\Sigma D}{n}\right)$ in dem Bestimmungen des spezifischen Pulvergewichtes
	W/V-Rechnung	W/T-Rechnung	
1. *Saxifraga nadida*	1.63	**3.67**	3.73
2. *Asarum Blumei*	**3.57**	0.93	3.33
3. *Mercurialis leiocarpa*	1.47	0.93	1.37
4. *Chloranthus serratus*	1.97	1.00	1.20
5. *Phytolacca acinosa* var. *Kaempferi*	2.83	3.30	2.70
6. *Pimpinella diversifolia*	1.07	2.73	3.10
7. *Achyranthes bidentata*	1.07	3.00	**3.83**
8. *Cacalia delfinifolia*	**0.77**	**0.67**	**0.47**
9. *Impatiens noli-tangere*	1.17	0.80	0.50
10. *Houttuynia cordata*	2.60	2.40	0.33
Durchschnittswert	**1.82**	**1.94**	**2.06**

Man kann daher aller Wahrscheinlichkeit nach sagen, dass der Versuchsfehler über die Bestimmungen der absorbierten Wassermenge an ein und demselben Versuchsmaterial nicht gross ist, sodass man denselben praktisch ausser Acht lassen kann, d. h. also dass unsere Versuchsprozedur für unseren Zweck brauchbar ist.

Nun haben wir die Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme der einzelnen Versuchsmaterialien miteinander zu vergleichen, wie wir sie durch den Vergleich mit den die Fähigkeit des Lehmbodenpulvers angebenden Werten erhalten haben. Falls die Menge des aufgenommenen Wassers in den Wert pro Volum-Einheit (W/V-Rechnung) berechnet wurde, waren die gefundenen Werte bei allen untersuchten Materialien kleiner als 1, während aber, falls die betreffenden Werte auf Prozente des Pulvergewichtes (W/T-Rechnung) berechnet wurden, alle grösser als 1 waren. Die Werte für die untersuchten 10 verschiedenen Materialien liegen nämlich im ersteren Falle zwischen 0.505-0.836 mit dem Durchschnittswert 0.684, und im letzteren zwischen 1.31-1.83 mit dem Durchschnittswert 1.63. Rechnet man aber den gefundenen relativen Wert für jedes einzelnen Material in den relativen Wert bezogen auf den Durchschnittswert aller untersuchten Materialien um, so findet man die umgerechneten Werte im ersteren Falle zwischen 74-122, mit dem Durchschnittswert 100 liegend, während sie im letzteren Falle zwischen 80-112 mit dem Durchschnittswert 100 liegen (Tab. 7).

Diese gefundenen relativen Werte 74-122 oder 80-112 drücken die Schwankungsweite der Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme durch die verschiedenen untersuchten Pflanzenmaterialien aus; und zwar ist diese Schwankungsweite in dem Falle der W/V-Rechnung etwas grösser als in dem Falle der W/T-Rechnung. In nur dieser Hinsicht sind die auf die Volum-Einheit des Pulvers berechneten Werte 74-122 für unseren Zweck brauchbarer, weil die Verschiedenheit zwischen den untersuchten Materialien in ihnen klarer hervortritt. Die gravimetrisch auf das Trockengewicht des Pulvers berechneten Werte 80-112 sind überdies wegen eines anderen Grundes für uns weniger zweckdienlich, nämlich deshalb weil die gefundenen Rechnungsresultate unvermeidliche Fehler in sich enthalten müssen, deren Quelle auf die Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes der untersuchten Pulvermaterialien liegt. In der Tat schwankten die relativen Werte des sog. spezifischen Trockensubstanzgehaltes oder Pulvergewichtes (14, 15) der untersuchten Materialien, welche dem echten spezifischen Gewicht des Materials gleichsinnig sein sollten, zwischen 86-119 mit dem Durchschnittswert 100

(Tab. 7). Wenn man jetzt das spezifische Pulvergewicht jedes einzelnen Materials in den relativen Wert bezogen auf das spezifische Pulvergewicht des Lehmbodenpulvers umrechnet, so findet man die berechneten Werte zwischen 0.367-0.504 mit dem Durchschnittswert 0.418 liegend, oder in Ratio: zwischen 88-120 mit dem Durchschnittswert 100 (Tab. 7).

Tab. 7. Vergleich der hygroskopischen Wasseraufnahme des Gewebepulvers von verschiedenen Pflanzen (Nummer des Versuchsmaterials wie bei Tab. 6).

Nummer des Versuchsmaterials	Spezif. Wassergehalt in Ratio	Spezif. Trockensubstanzgehalt in Ratio	Relative Hygrosk. von W/V-Rechnung		Relative Hygrosk. von W/T-Rechnung			Relative Zahlen von spezif. Pulvergewicht (S.P. von Lehmboden = 1)		
			Gefunden	in Ratio	Gefunden	in Ratio (R)	in Ratio korrig. (R_s)	Gefunden	in Ratio	Abweich. (d) von Ratio in %
1.	125	115	**0,836**	**122**	1.78	109	**121**	0.464	111	+11
2.	81	99	0.765	112	**1.83**	**112**	111	0.415	99	− 1
3.	**67**	**119**	0.743	109	1.47	90	108	**0.504**	**120**	+20
4.	90	110	0.735	108	1.59	97	107	0.460	110	+10
5.	**181**	98	0.693	101	1.70	104	102	0.409	98	− 2
6.	84	100	0.686	100	1.62	99	101	0.426	102	+ 2
7.	72	**86**	0.668	98	1.81	111	98	0.370	88	−12
8.	71	92	0.608	89	1.58	97	89	0.383	92	− 8
9.	100	89	0.598	87	1.63	100	88	**0.367**	**88**	−12
10.	129	91	**0.505**	**74**	**1.31**	**80**	**74**	0.386	92	− 8
*	100	100	...	100	...	100	100	...	100	± 0
**	3.109g	0.344g	**0.6837**	...	**1.632**	...	...	**0.4184**	...	...

* Durchschnittswert in Ratio, ** Gefundener Durchschnittswert.

Die letztgenannten Zahlen 88-120 zeigen natürlich die Schwankungsweite der Werte, worin die Fehlerquelle unserer W/T-Rechnungen enthalten ist. Wenn man nun für je ein Versuchsmaterial die Grösse der Fehlerquelle berechnet und damit den gefundenen Wert der W/T-Rechnung korrigiert, so muss nunmehr der rationelle Wert zu erhalten sein. Für solchen Korrektionszweck kann man natürlich die Formel

$R_s = R \pm dR$ (15) benutzen, wo R_s den korrigierten Wert, R den zu korrigierenden Wert, und d die Grösse der Fehlerquelle bedeutet (Tab. 7).

Nach einer solchen Korrektur liegen nämlich die durch die W/T-Rechnung erhaltenen Werte jetzt zwischen 74-121. Andererseits liegen die durch die W/V-Rechnung erhaltenen Werte ohne Korrektur zwischen 74-122, und zwar der Wert jedes einzelnen Materials mit dem betreffenden korrigierten Wert von W/T-Rechnung jeder für sich übereinstimmend. Obwohl die Ergebnisse der Korrektur hierbei überflüssig sein mögen, so haben wir doch dadurch die Tatsache, dass bei der W/T-Rechnung die erwähnte Fehlerquelle unvermeidlich ist, deutlicher gemacht. Uns erscheint es jedenfalls sehr empfehlenswert, in unserem Falle die durch die W/V-Rechnung erhaltenen Werte als die besseren anzunehmen.

Die durch die W/V-Rechnung gefundenen Werte wiesen darauf hin, dass die Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme der 10 untersuchten verschiedenen Pflanzenmaterialien nicht geringe Unter-

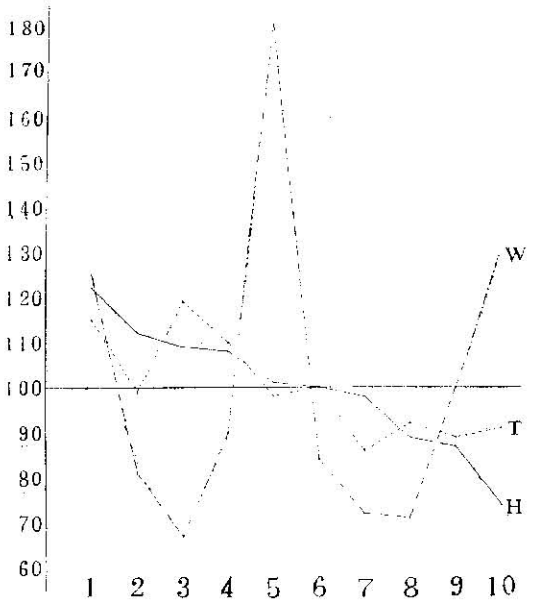

Fig. 3. Vergleich der Werte der hygroskopischen Wasseraufnahme (H), des sog. spezifischen Trockensubstanzgehaltes (T) und des sog. spezifischen Wassergehaltes (W) an 10 verschiedenen Pflanzenmaterialien. 1-10: Nummer des Versuchsmaterials (Vergl. Tab. 6 und Tab. 7). 60-130: Werte in Ratio (Vergl. Tab. 7).

schiede aufzuweisen hat. Falls man die relativen Zahlen der gefundenen Werte mit den des sog. spezifischen Wassergehaltes und des sog. spezifischen Trockensubstanzgehaltes vergleicht, welche beide mittels des auf die Volum-Einheit des Gewebepulvers berechneten Gewichtes ausgedrückt sind, so sieht man, dass die Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme zu dem letzteren in inniger Beziehung steht, während zu den ersteren erwähnenswerte Beziehungen nicht vorhanden sind (Fig. 3). Bemerkenswert is hier, dass diese Versuchsergebnisse an den von ein und demselben Standort herstammenden Pflanzenmaterialien erhalten worden sind.

2. Vergleich zwischen verschiedenen Pflanzen aufgewachsen an verschiedenen Standorten

Versuch 8: Hierbei wurden die Blätter von 5 verschiedenen Pflanzen, welche teils in dem botanischen Garten unseres Institutes, teils auf dem Acker gewachsen waren, als Versuchsmaterialien benutzt. Die Versuchsprozedur war dieselbe wie bei dem letzten Versuch. Die Versuchsresultate wurden hier durch W/V-Rechnung allein beurteilt, weil die W/T-Rechnung, wie erwähnt, für unsere Zwecke keine befriedigenden Ergebnisse liefert (Tab. 8).

Tab. 8. Die relativen Werte der Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme durch die Gewebepulver von verschiedenen Blattmaterialien.

Versuchsmaterial	1. Versuch	2. Versuch	Durchschnittswert	spezifisches Pulvergewicht
1. *Mesembryanthemum tenuifolium*	114.0	112.6	113.3	0.667
2. *Allium fistulosum*	98.1	92.1	95.1	0.691
3. *Polypodium lineare*	89.0	93.7	91.4	0.562
4. *Vicia Faba*	89.4	85.0	87.2	0.570
5. *Fragaria grandiflora*	76.9	84.5	80.7	0.583
Lehmboden	100.0	100.0	100.0	...

Nach den Versuchsresultaten weisen auch hier die Materialien mit dem höheren spezifischen Pulvergewicht einen höheren Wert der Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme auf. Andererseits sieht man,

dass die *Mesembryanthemum tenuifolium*, deren Blätter sehr fleischig sind, den höchsten Wert aufweisen, und die *Fragaria grandiflora*, deren Blätter nicht fleischig sind, den niedrigsten, währwnd 3 andere Pflanzenarten, welche bezügl. der Sukkulenz Zwischen-Formen darstellen, die mittlere Werte zeigen; das weist ohne Zweifel die Tatsache hin, dass Pflanzenmaterial mit einer höheren Sukkulenz einen höheren Wert der hygroskopischen Wasseraufnahme zeigen. Mit anderen Worten: es scheint die Grösse dieser Fähigkeit der pulversierten Pflanzenmaterialien auf den Grad der Sukkulenz oder des Wasserfesthaltungsvermögens der Mutterpflanzen hinzudeuten.

Versuch 9: Eine andere Reihe von Versuchen wurde mit 3 verschiedenen Flechtenarten in derselben Weise wie bei dem letztgenannten Versuche ausgeführt. Auch bei diesen Versuchen wurde konstatiert, dass ein mit einem höheren spezifischen Pulvergewicht versehenes Material einen höheren Wert der genannten Fähigkeit besitzt (Tab. 9).

Tab. 9. Die relativen Werte der Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme durch die Gewebepulver von 3 verschiedenen Flechtenarten.

Versuchsmaterial	1. Versuch	2. Versuch	Durchschnittswert	spezifisches Pulvergewicht
1. *Cladonia* sp.	89.8	90.1	90.0	0.577
2. *Usnea* sp.	82.3	81.5	81.9	0.445
3. *Parmelia* sp.	63.0	59.0	61.0	0.364
Lehmboden	100.0	100.0	100.0	...

3. Vergleich zwischen den an verschiedenen Standorten aufgewachsenen Materialien ein und derselbe Pflanze

Versuch 10: Die Blätter von *Reynoutria japonica* waren die Versuchsmaterialien, und die benutzten Materialien wurden an verschiedenen Orten auf der südlichen Abdachung des Volkanos „Aso" gesammelt. Selbs durch oberflächliche Beobachtung war bei diesen Materialien bemerkbar, dass die an den höheren und sonnigen Orten des Berges aufgewachsenen Pflanzen fleischiger als die an niederen und schattigen Orten gesammelten Materialien waren.

Nach den Versuchsresultaten war der Wert der hygroskopisch wassersaugenden Fähigkeit des Gewebepulvers höher bei jenem Material und niedriger bei diesem. Ueberdies wurde auch hierbei die Tatsache erwiesen, dass die mit dem höheren Wert dieser Fähigkeit versehenen Materialien einen höheren Wert für das sog. spezifische Pulvergewicht besitzen (Tab. 10).

Tab. 10. Die relativen Werte der Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme durch die Gewebepulver der an verschiedenen Orten aufgewachsenen Materialien von *Reynoutria japonica.*

Versuchsmaterial :—	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	Lehmboden-pulver
1. Versuch	67.5	64.5	56.9	51.4	47.3	100
2. Versuch	62.4	60.6	52.4	49.6	47.4	100
Durchschnittswert	65.0	62.6	54.7	50.5	47.4	100
spezif. Pulvergewicht	0.335	0.348	0.301	0.257	0.256	...

Bemerkungen über die Standorte der Versuchsmaterialien: No. 1. Ein fast unbewachsener, sonniger sandiger Ort auf dem Berggipfel. No. 2. Eine sonnige Grastreppe an dem Berggipfel. No. 3. Eine sonnige Grastreppe am Bergfuss. No. 4. Eine sonnige Grastreppe des Bergabhangs. No. 5. Eine schattiger Ort am Bergfuss.

4. Vergleich der Versuchsresultate an allen untersuchten Materialien

Aus den oben erwähnten Versuchsergebnissen geht hervor, dass zwischen der hygroskopischen Wasseraufnahme und dem spezifischen Pulvergewicht der Pflanzenmaterialien merkwürdige Beziehungen vorhanden sind. Um nun die Frage zu klären, wie weit diese Beziehungen bei den verschiedenen Pflanzenmaterialien geltend sind, wurde die erhaltenen Werte von allen untersuchten Pflanzen miteinander vergleicht, da von *Reynoutria* nur die am Bergfuss gesammelten Materialien allein als Vertreter dieser Pflanze in Betracht gezogen wurden. Die hier zusammengesetzt verglichenen Pflanzen sind von den ökologisch mannigfaltigen Eigenschaften; trotzdem aber finden wir auch hier, wie die Tabelle 11 zeigt, abgesehen von einigen geringen Unregelmässigkeiten an einigen Materialien, im Ganzen eine Bestätigung der vorher erwähnten Ergebnisse.

Tab. 11. Vergleich zwischen den Werten der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit des Gewebepulvers und dem sog. spezifischen Pulvergewicht an allen untersuchten Pflanzenmaterialien.

Versuchsmaterial	Relativer Wert der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit		Spezfisches Pulvergewicht	
Blätter von	Gefunden	Ratio	Gefunden	Ratio
1. *Mesembryanthemum tenuifolium*	1.133	152	0.667	158
2. *Allium fistulosum*	0.951	128	0.691	163
3. *Polypodium lineare*	0.914	123	0.562	133
4. *Cladonia* sp.	0.900	121	0.577	136
5. *Vicia Faba*	0.872	117	0.570	135
6. *Saxifraga madida*	0.836	112	0.397	94
7. *Usnea* sp.	0.819	110	0.445	105
8. *Fragaria grandiflora*	0.807	109	0.583	138
9. *Asarum Blumei*	0.765	103	0.341	81
10. *Mercurialis leiocarpa*	0.743	100	0.408	96
11. *Chloranthus serratus*	0.735	99	0.380	90
12. *Phytolacca acinosa* var. *Kaempferi*	0.693	93	0.339	80
13. *Pimpinella diversifolia*	0.686	92	0.344	81
14. *Achyranthes bidentata*	0.668	90	0.297	70
15. *Parmelia* sp.	0.610	82	0.364	86
16. *Cacalia delphinifolia*	0.608	82	0.318	75
17. *Impatiens noli-tangere*	0.598	80	0.307	73
18. *Reynoutria japonica* (a)	0.547	74	0.301	71
19. *Houttuynia cordata*	0.505	68	0.312	74
20. *Reynoutria japonica* (b)	0.474	64	0.256	61
Durchschnittswert	0.7432	100	0.4230	100

IV. DISKUSSION

Nach unseren Versuchsresultaten hat die Fähigkeit der hygros-

kopischen Wasseraufnahme der Pflanzenmaterialien, die mittels unserer Versuchsmethode bestimmt wurde, die Neigung sich parallel zu dem sog. spezifischen Pulvergewicht des Materials zu verändern. Das sog. spezifische Pulvergewicht ist durch die T/V-Rechnung bestimmt, wobei T das Trockengewicht des Versuchsmaterials und V das Volumen des Gewebepulvers aus demselben bedeuten. Andererseits ist die Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme durch die W/V-Rechnung bestimmt, wobei W die Menge des aufgenommenen Wassers und V das Volumen des benutzten Gewebepulvers bedeuten. Diese beiden Werte werden deswegen durch die Ungenauigkeiten in der Bestimmung des Pulvervolumens gleichsinnig beeinflusst. Falls das Volumen des Gewebepulvers eines Versuchsmaterials fehlerhaft kleiner als der wirkliche Wert bestimmt wird, so müssen die beiden gesuchten Werte zu gross berechnet sein, et vice versa. Es ist daher die grösste Genauigkeit in der Bestimmung des Pulvervolumens bei den zu vergleichenden Materialien unbedingt notwendig, eine Forderung, der wir selbstverständlich unsere ganze Aufmerksamkeit zugewendet haben. Aus diesen Grunde zögern wir nicht, die als Ergebnis unserer Versuche beobachtete Tatsache, dass Gewebepulver aus mit höheren spezifischem Pulvergewicht versehenen Pflanzenmaterialien eine höhere Hygroskopizität besitzen, als unzweifelhaft anzuerkennen.

Was aber bedeutet diese Tatsache? Zur Beantwortung dieser Frage, müssen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die Tatsache lenken, dass unter den untersuchten Pflanzen die studierte hygroskopische Tätigkeit des Gewebepulvers bei den mit der höheren Sukkulenz versehenen Materialien höher gefunden wurde. Ob die höher fleischigen Pflanzenmaterialien immer ein höheres spezifisches Pulvergewicht besitzen, ist natürlich nicht ohne weiteres klar; immerhin aber finden wir auch in den Daten einer früheren allerdings anders gerichteten Arbeit (10) diese Tatsache bestätigt.

Wir finden damals (10: P. 161) für das Gewicht der Trockensubstanz pro 1 cm^3 Gewebepulver aus den Pflanzenkörpern von *Bulbostylis barbata*, *Acalypha australis* und *Portulaca oleracea* die Werte 78:94:119 in Ratio. Unter diesen 3 Materialien ist *Portulaca* Pflanze eine sehr fleischige und *Bulbostylis* Pflanze eine Gramineae mit keiner Neigung der Sukkulenz. Wir fanden weiter (10: P. 157) die betreffenden Werte des Gewebepulvers für die Altform- und Jungformblätter von *Eucalyptus globulus* mit 106:94 in Ratio. Wie bekannt sind die Altformblätter dieser Pflanze weit fleischiger als die der Jungform. Ueberdies zeigt

in der Tab. 4 in einer unserer anderen Arbeiten (11 : P. 173) das Gewicht pro 1 cm³ Gewebepulver aus dem Blatt und Stengel von *Mesembryanthemum tenuifolium* 805 mg bezw. 424.4 mg, und zwar 131 : 69 in Ratio. Die Blätter dieser Pflanze sind höchst fleischig, während der Stengel ziemlich holzig und kaum fleischig ist.

Daher kann man vielleicht sagen, dass die Pflanzenmaterialien, welche einen hohen Wert an sog. spezifischem Pulvergewicht haben, wenigstens eine mehr oder weniger grosse Neigung zur Gewebssukkulenz zu besitzen pflegen. Wenn das der Fall ist, so könnte die Tatsache, dass ein Pflanzenkörper, dessen Gewebepulver eine höhere Fähigkeit zur hygroskopischen Wasseraufnahme besitzt, auch ein höheres spezifisches Pulvergewicht hat, häufig gewisse Beziehungen zwischen der Fähigkeit zur hygroskopischen Wasseraufnahme and der Sukkulenz des Gewebes suggerieren. Das Fleischigwerden des Pflanzenkörpers ist meistens von einer Erhöhung des Wasserfesthaltungsvermögens begleitet. Die Erhöhung des letzteren ist andererseits von einer Erhöhung in der Dürre-Widerstandsfähigkeit des Pflanzenkörpers begleitet.

Demgemäss kann man vielleicht schliessen, dass die höhere Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme des Gewebepulvers auf ein höheres Wasserfesthaltungsvermögen oder eine höhere Dürre-Widerstandsfähigkeit des betreffenden Pflanzenkörpers hindeutet. Die Bestimmung dieser Fähigkeit dürfte also in dieser Hinsicht ökologisch eine Bedeutung haben. Jedenfalls haben wir in dieser Versuchsmethode ein Mittel für Studien über den Wasserhaushalt des Pflanzenkörpers.

Aller Wahrscheinlichkeit nach mögen auch die Bestimmung der Wasserkapazität des Gewebepulvers, die mit der in dem wassergesättigten Gewebepulver enthaltenen Wassermenge angegeben wird, und weiter die Bestimmung des Wasserfesthaltungsvermögens des Gewebepulvers, welches mit der beim Dasein einer bestimmten Wasserausziehungskraft in demselben enthaltenen Wassermenge angegeben werden kann, gleichsinnig anwendbar sein. Verf. hat aber bereits in der Einleitung darauf hingewiesen, dass derartige genaue Bestimmungen methodisch weit schwieriger sind als die Bestimmung der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit, und er hat sich deshalb darauf beschränkt in dieser Mitteilung nur die letztgenannte Fähigkeit zu behandeln.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden in dieser Arbeit die Wasserverhältnisse der Gewebe-

pulver von verschiedenen Blattmaterialien, in der Hoffnung studiert, daraus zu einer Beurteilung der ökologischen Wasserverhältnisse der Mutterpflanzen kommen zu können. Die hygroskopische Wasseraufnahme (Hydroskopizität), die Wasseraufname durch Imbibition und Quellung (Wasserkapazität) und die rückstehende Wassermenge in dem Thermostatszustand (Wasserfesthaltungsvermögen) eines bestimmten Volumens des Gewebepulvers wurden vorläufig studiert, um so zum Ziehle zu gelangen. Die erstgenannte wurde mit gutem Erfolge bestimmt, während die Bestimmungen der zwei anderen leider methodisch noch nicht genügend zugänglich gemacht werden konnten. In dieser Mitteilung kamen daher die Versuchsergebnisse über die erste allein in Betracht. Die genannte Fähigkeit wurde in dieser Arbeit immer durch Zahlen angegeben, welche die relative Hygroskopizität in unserem Sinne und zwar den mit der hygroskopischen Fähigkeit des Pulvers aus einer Art von Lehmboden verglichenen relativen Wert der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit der Versuchsmaterialien bedeuten.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind kurz wie folgt gefasst:

1. Unter den auf ein und demselben Orte aufgewachsenen Pflanzen besitzen die mit dem höheren spezifischen Pulvergewicht versehenen Blattmaterialien eine höhere Fähigkeit der hygroskopischen Wasseraufnahme.

2. Durch Vergleich der Blattmaterialien von den Pflanzen aufgewachsen an verschiedenen Standorten wurde das den erwähnten gleichsinnige Versuchsresultat wieder gewonnen.

3. Es wurde weiter bestätigt, dass die untersuchte Tätigkeit und das spezifische Pulvergewicht der Blattmaterialien ein und derselben Pflanzenart, welche von den an ökologisch verschiedenen Standorten aufgewachsenen Spezimen gesammelt wurden, nach der Variation des Standortes sich verändern, und zwar parallel zueinander.

4. Die Neigung zu einem Parallelismus zwischen der hygroskopischen Wasseraufnahme und dem spezifischen Pulvergewicht war also in allen untersuchten Fällen bemerkbar. Die gleiche Neigung war auch dort zu beobachten, wo die Versuchsresultate von allen untersuchten Materialien zusammen verglichen wurden.

5. Die mit höherer Sukkulenz des Gewebes ausgestatteten Pflanzen scheinen in der Regel eine höhere hygroskopische Wasseraufnahmefähigkeit zu besitzen. Andererseits ist bemerkbar, dass die Erhöhung der Sukkulenz von der Erhöhung des spezifischen Pulvergewichtes begleitet zu sein pflegt.

6. Die Erhöhung der untersuchten Fähigkeit bei Pflanzenmaterialien kann vielleicht eine Andeutung des Sukkulenzwerdens oder der Erhöhung des Wasserfesthaltungsvermögens des Pflanzenkörpers sein. Verf. hofft mit dieser neuen Methode zur Bestimmung der hygroskopischen Wasseraufnahmefähigkeit einen brauchbaren Beitrag für die Schaffung neuer Hilfsmittel zur Erforschung des Wasserhaushaltes der Pflanzen geliefert zu haben.

VI. LITERATUR

1. BRIGGS, L. J. and SHANTZ, H. L., The wilting coefficient and its indirect determination. Bot. Gaz. 53: 20, 1912.
2. FUJITA, T., Ueber die Beziehungen zwischen dem Eiweissgehalt der Blätter und dem Grad der Sonnenbeleuchtung. Bult. Sci. Fakul. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 4: 358, 1931. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
3. GORTNER, R. A. and HOFFMAN, W. E., Determination of moisture content of expressed plant tissue fluids. Bot. Gaz. 74: 308, 1922.
4. HARRIS, J. A., Physical chemistry in the service of phytography. Science N. S. 46: 25, 1917.
5. ISOBE, H. and EBIHARA, S., On the application of Adsole. I. Bull. Inst. physic. chemic. Res. 2: 542, 1923. (Japan.)
6. ISOBE, H., On the application of Adsole. II. Bull. Inst. physic. chemic. Res. 2: 548, 1923. (Japan.)
7. ISOBE, H., On the application of Adsole. III. Bull. Inst. Physic. chemic. Res. 3: 319, 1924. (Japan.)
8. ISOBE, H. and EBIHARA, S., On the application of Adsole. IV. Bull. Inst. physic. chemic. Res. 3: 451, 1924. (Japan.)
9. KOBAYASHI, K., Japanese acidic clay. Tokyo 1925. (Japan.)
10. KÔKETSU, R., Ueber den Gehalt an Trockensubstanz und Asche in einem bestimmten Volumen Gewebepulver als Indizium für den Gehalt des Pflanzenkörpers an denselben Konstituenten. Jour. Dept. Agr. Kyushu Imp. Univ. 1: 151, 1923. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
11. KÔKETSU, R., Ueber die Brauchbarkeit und Zweckmässigkeit der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Wassergehaltes im Pflanzenkörper. Bot. Mag. (Tokyo) 93: 169, 1925.
12. KÔKETSU, R. und YASUDA, S., Ueber den Effekt der Anwendung der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. I. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 2: 200, 1927. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
13. KÔKETSU, R. und FUKAKI, S., Ueber den Effekt der Anwendung der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. II. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 2: 273, 1927. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
14. KÔKETU, R. und KOSAKA, H., Ueber den Effekt der Anwendung der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. III. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 3: 36, 1928. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
15. KÔKETSU, R. und TAKENOUCHI, M., Ueber den Effekt der Anwendung der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. IV. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 3: 154, 1928. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)

16. KÔKETSU, R. und TSURUTA, S., Anwendung der „Pulvermethode" für vergleichende Bestimmungen der Transpirationsgrösse. Bot. Mag. (Tokyo) 53: 253, 1929. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
17. KÔKETSU, R., KOSAKA, H., SATO, T. und FUJITA, T., Ueber den Effekt der Anwendung der „Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. V. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 3: 232, 1929. (Japan. m deutsch. Zusammenf.)
18. KÔKETSU, R., Eine Auto-Maschine zur Messung der Pulvervolumen. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 4: 134, 1930. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
19. KÔKETSU, R., Die geeignete Menge des Pulvers zur Ausführung der Pulvermethode mit kleinerem Messungsfehler. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 4: 227, 1931. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
20. KÔKETSU, R., Ueber die Veränderung der Flächendimension und die dadurch verursachte Ungenauigkeit der auf die Flächenseinheit bezogenen Rechnung der Grösse einer physiologischen Eigenschaft der Blätter. Bot. Mag. (Tokyo) 46: 124, 1932. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
21. KÔYAMA, T. and TAKIGUTI, Y., Growth and water requirement of young soybean plants in auto-irrigated soils, as related to the water-supplying power of the soil. Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 4: 53, 1930. (Japan. w. engl. Résum.)
22. MÄGDEFRAU, K., Untersuchungen über die Wasserdampfaufnahme der Pflanzen. Zeitschr. Bot. 24: 419, 1931.
23. MAXIMOV, N. A., The plant in relation to water. (Translated b. R. H. YAPP) London 1929.
24. OKAZAWA, T., On the preservation of cocoons in the dried air. Bull. Inst. physic. chemic. Res. 2: 38, 1923. (Japan.)
25. SAYRE, J. D. and MORRIS, V. H., Use of expressed sap in physiologic studies of corn. Plant Physiol. 6: 139, 1931.
26. TAMAOKI, B., Untersuchung über den Einfluss des Welkens auf die Anhäufung der Assimilate in den Blätter durch die Anwendung der „Pulvermethode". Bult. Sci. Fakult. Terkult. Kjûsû Imp. Univ. 4: 560, 1931. (Japan. m. deutsch. Zusammenf.)
27. WALTER, H., Protoplasma- und Membranquellung bei Plasmolyse. Jahrb. wiss Bot. 62: 145, 1923.
28. WALTER, H., Plasmaquellung und Wachstum. Zeitschr. Bot. 16: 353, 1924.
29. YENDO, Y., Method of experiments on the mulberry tree. Tokyo 1930. (Japan.)